

Titre

Conception d'une cellule d'observation sous cisaillement

Unité

SP2

Département

CEPIA

Champ disciplinaire (en citer deux ou trois)

Agroalimentaire, physico-chimie des matériaux

Mots-clés « thématiques »

- o Aliment : caractérisation, construction, déconstruction
- o Observation dynamique

2 Mots-clés « type d'activité » (voir liste jointe) : nature et partenariat

- o Résultats de recherche en « domaine scientifique »
- o Académique (recherche, enseignement supérieur) et/ou socio-économique (monde agricole, industries agro-alimentaires, secteur de l'environnement, biotechnologies,)
- o Régional, territorial (financement DIM ATREA et ASTRE)

Présentation synthétique du fait marquant

Résumé

Pour relier les propriétés rhéologiques à la structure micro/mésoscopique de systèmes alimentaires, nous avons conçu une cellule d'observation sous cisaillement en mode contre-translation permettant de figer les objets sous observation. Cette dernière intègre 3 fonctionnalités principales : un cisaillement contrôlé (gap 0,5 à 2 mm, déformation 0,003 - 10, vitesse de cisaillement 0,05 – 1000 s⁻¹, fréquence 10⁻³ – 10² Hz) sous différents champs d'écoulement (continu, relaxation, oscillation) entre lame et lamelle, un traitement thermique (10 à 80 °C, système Peltier) et une observation par microscopie confocale laser à balayage.

Contexte/enjeux/ problématique

Les fluides complexes, comme les gels, les pâtes, les mousses ou encore les émulsions, sont omniprésents dans notre vie quotidienne. Ces fluides sont caractérisés par l'existence d'une échelle de taille caractéristique dite « mésoscopique » intermédiaire entre la taille des molécules et celle du récipient. Cette mésostructure, par exemple, l'existence de gouttelettes dans une émulsion, ou la présence d'un réseau tridimensionnel structuré comme dans le cas des gels ou des pâtes, confère au fluide des propriétés viscoélastiques et fortement non-newtoniennes. Comprendre le comportement d'un fluide complexe hors d'équilibre revêt donc à la fois un intérêt fondamental évident et une importance industrielle considérable.

Résultats

Dans le cadre de la thèse, *Contribution à l'étude du traitement thermo-mécanique de systèmes divisés alimentaires - Relations entre propriétés rhéologiques et structures*

microscopiques sous contrainte, au sein de l'équipe Structuration des Produits par le Procédé de l'UMR Ingénierie Procédés Aliments, nous avons développé un dispositif d'observation sous cisaillement. Ce dispositif a été conçu en collaboration avec la société CAD Instruments. Cette cellule s'adapte sur un microscope confocal et permet l'observation de tout type d'échantillons alimentaire, d'une émulsion liquide à une pâte à pain. La déformation mécanique contrôlée et la régulation de la température permettent d'imposer des changements (micro-)structuraux qui fournissent des informations sur le comportement du matériau alimentaire en réponse à ces sollicitations.

Grâce à cet outil, on peut visualiser des phénomènes physico-chimiques tels que la coalescence de gouttes d'huile dans une émulsion, le gonflement d'une bulle d'air dans une pâte à pain lors de la fermentation ou des caractères rhéologiques particuliers dont les hypothèses ont déjà été posées lors de travaux antérieurs.

Perspectives/impact à terme

Le prototype actuellement développé est fonctionnel au laboratoire grâce au développement d'un logiciel de pilotage. Des optimisations ou modifications peuvent être envisagées au cours de futures applications et utilisation.

CAD Instruments souhaite à moyen terme « commercialiser » cet outil qui peut intéresser laboratoires académiques ou industriels travaillant sur des relations entre propriétés rhéologiques et structures microscopiques de matériaux. L'avantage de cet outil est le couplage dynamique de 2 méthodes actuellement bien maîtrisées. Il est envisagé aussi d'optimiser le logiciel de pilotage, d'acquisition et de traitement des données (images) de façon à remonter à des informations aussi bien qualitatives que quantitatives.

Partenaires

AgroParisTech – Massy (91)

INRA – Massy (91)

Université du Maine / CNRS – Le Mans (72)

CAD Instruments – Les Essarts-le-Roi (78)

Valorisation

Procédure de dépôt de brevet en cours.

Valorisation académique :

Conférences :

- Rencontres Emulsions // Bordeaux, France // 23 - 24 Juin 2011 : visibilité du projet, favoriser les échanges et collaborations.
- Colloque du Groupe Français de Rhéologie 2011 // Nancy, France // 19 - 21 Octobre 2011 : présentation orale de la conception de la cellule et des expériences de validation.
- ISFRS 2012 // Zurich, Suisse // 10 - 13 Avril 2012 : présentation orale sur l'observation sous cisaillement de systèmes alimentaires.
- Food Colloids 2012 // Copenhague, Danemark // 16 - 18 Avril 2012 : poster sur l'observation sous cisaillement de systèmes alimentaires.
- Journées des Jeunes Rhéologues // Printemps 2012 : présentation orale sur l'observation sous cisaillement de systèmes alimentaires.

Journaux scientifiques :

- Boitte JB, Benyahia L, Brambati N, Buchert A-M, Michon C. 2011. Formation et observation de bulles d'air dans des solutions de gélatine. *Rhéologie* 19:61-8.
- Langmuir ou Review of Scientific Instrument : Article sur la description, la conception et la validation de la cellule d'observation sous cisaillement. (à venir)

- Food Hydrocolloids : Résultats de l'observation sous cisaillement de systèmes alimentaires. (à venir)

Valorisation industrielle :

- Inauguration du Plateau FRancilien d'Etudes CERéalières (FRECE) // AgroParisTech Massy // 3 Mars 2011 : poster résumant la conception de la cellule et ses futures applications.
- Workshop à envisager avec les entreprises et structures qui ont soutenu le projet. Présentation de l'utilisation de la cellule sur divers systèmes alimentaires pertinents.

Bibliographie (non exhaustive)

- S. Assighaou and L. Benyahia. Dispositif d'observation de gouttes sous déformation : développement et validation. *Rhéologie*, 11:45-56, 2007.
- R. Besseling, L. Isa, E.R. Weeks, and W.C.K. Poon. Quantitative imaging of colloidal flows. *Advances in colloid and interface science*, 146(1-2):1-17, 2009.
- Y. Nicolas and M. Paques. Microrheology: An Experimental Technique to Visualize Food Structure Behaviour Under Compression-Extension Deformation Conditions. *Journal of Food Science*, 68(6):1990-1994, 2003.
- Y.L. Wu, J.H.J. Brand, J.L.A. van Gemert, J. Verkerk, H. Wisman, A. van Blaaderen, and A. Imhof. A new parallel plate shear cell for in situ real-space measurements of complex fluids under shear flow. *The Review of Scientific Instruments*, 78(10):103902, 2007.

Contact

Jean-Baptiste BOITTE

AgroParisTech

Laboratoire de Biophysique des Matériaux Alimentaires

1 av. des Olympiades

91744 Massy Cedex

Tel : 01.69.93.51.06

jean-baptiste.boitte@agroparistech.fr